GIOVANNI CECCONI, FRANCO CODATO, PIERO NASCIMBENI, FRANCESCO MATTAROLO*

VALORE AMBIENTALE DELLE BARENE ARTIFICIALI

PREMESSA

Dal punto di vista morfologico, le lagune sono caratterizzate da una serie di elementi propri delle zone umide, tra i quali canali, bassifondi e zone intertidali[1] come le velme e le barene (Fig. 1 nella pagina precedente).

Velme e barene hanno un'importanza particolare per l'ecosistema in quanto svolgono specifiche e diversificate funzioni ambientali; rappresentano un elemento proprio del paesaggio lagunare; costituiscono biotopi di rilevante interesse naturalistico dove l'avifauna degli ambienti di estuario, l'entomofauna e la tipica vegetazione alofila trovano un habitat primario insostituibile.

Le trasformazioni morfologiche in atto nella laguna di Venezia, a seguito dei processi erosivi e della subsidenza del territorio, hanno determinato, tra l'altro, una notevole riduzione del tessuto barenale la cui estensione è passata dagli oltre 70 km^2 dell'inizio del XX secolo ai circa 40 km^2 attuali.

Allo scopo di contrastare tale dinamica, caratterizzata dall'approfondimento dei bassifondi, dall'erosione dei margini delle barene (Fig. 2 nella pagina seguente) e dalla perdita di quota dei suoli, Magistrato alle Acque di Venezia - Consorzio Venezia Nuova hanno avviato, nel 1988, un piano di interventi per la ricostruzione delle strutture morfologiche mediante l'utilizzo di sedimenti provenienti dal dragaggio di canali lagunari.

In questa nota vengono descritti sinteticamente lo stato di conservazione e il valore ambientale delle strutture morfologiche "a velma[2] e a barena" realizzate fino a oggi e vengono esposti i criteri di intervento individuati per rendere più resistenti queste strutture e accrescerne il valore ambientale.

* *Giovanni Cecconi, ingegnere, è responsabile del Servizio ingegneria del Consorzio Venezia Nuova; Franco Codato, ingegnere, è consulente del Consorzio Venezia Nuova; Piero Nascimbeni, dottore in Scienze naturali, è consulente del Consorzio Venezia Nuova; Francesco Mattarolo, ingegnere, è progettista della società Technital di Verona*

[1] *Zone intertidali: zone con quota del suolo compresa nell'escursione di marea*

[2] *Le strutture morfologiche a velma comprendono anche i sovralzi di fondo*

Nella pagina precedente Fig. 1. Barene naturali nella laguna di Venezia

RICOSTRUZIONE DI VELME E BARENE. CRITERI PROGETTUALI

Tendenze evolutive della laguna di Venezia

L'evoluzione morfologica della laguna di Venezia è stata, ed è tuttora, determinata da molteplici e diversi fattori naturali più o meno influenzati da interventi antropici.

Un'approfondita analisi di tali fattori è stata effettuata dal Consorzio Venezia Nuova nel *Progetto preliminare di massima delle opere mobili alle bocche di porto per la regolazione dei flussi di marea in laguna* e, successivamente, nel *Progetto di massima degli interventi per il recupero morfologico della laguna*, nel *Progetto generale degli interventi per l'arresto e l'inversione del degrado*

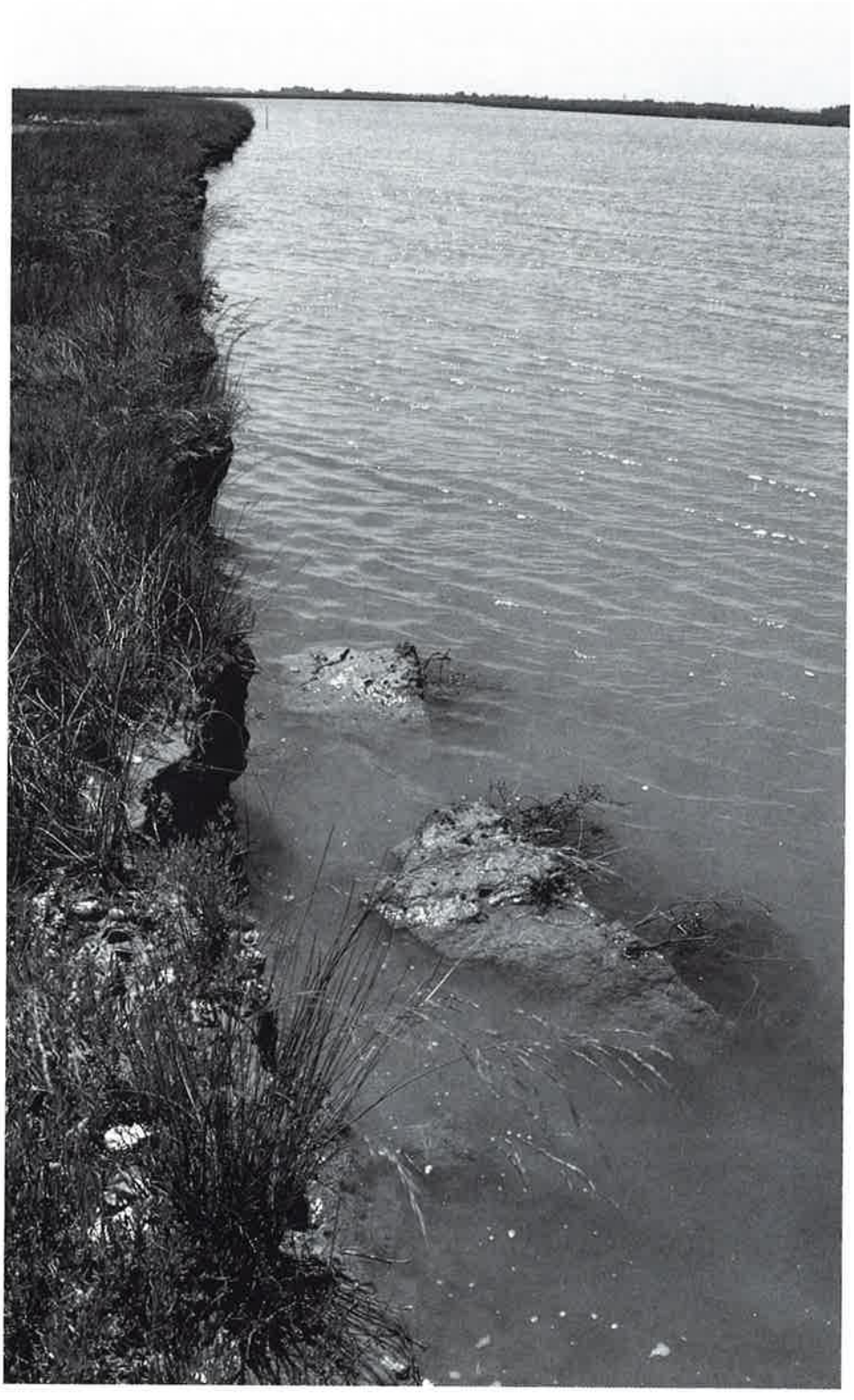


Fig. 2. Erosione delle barene. Nella foto è chiaramente visibile il crollo del margine di una barena a lato di un canale. In genere questo effetto è il risultato della continua azione del moto ondoso prodotto dal vento o causato dalle imbarcazioni a motore. Il moto ondoso è solo una delle cause del degrado di queste caratteristiche strutture morfologiche

lagunare e in numerosi studi specifici. Studi eseguiti, oltre che dallo stesso Consorzio, anche da altri enti e organismi di ricerca.

Dalle analisi e dai rilievi eseguiti è emerso che tra le principali cause della costante e rapida riduzione della superficie di velme e barene vi è il bilancio fortemente deficitario tra sedimenti uscenti ed entranti in laguna. Questa situazione è considerata estremamente negativa perché tende a trasformare la laguna in un braccio di mare, appiattendo e approfondendo i bassi fondali e interrando i canali nei quali si deposita parte dei sedimenti movimentati dal moto ondoso e dalle correnti.

Uno dei primi provvedimenti adottati per ostacolare tale tendenza evolutiva è stato quello di mantenere all'interno della laguna i sedimenti provenienti dal ripristino di canali o da dragaggi per la manutenzione dei canali esistenti (materiale che precedentemente veniva scaricato a mare[3]). Ciò è stato possibile, appunto, mediante la definizione di sistemi e procedure operative che consentissero di utilizzare i sedimenti nella costruzione di strutture morfologiche lagunari, quali sovralzi di fondo, velme e barene artificiali, nelle aree dove questi elementi si trovano in uno stato di forte degrado ed erosione.

È importante rilevare che i criteri progettuali e le modalità esecutive adottati negli interventi (Figg. 3, 4, 5 e 6 nelle pagine seguenti) sono soggetti a una serie di vincoli derivanti dalle caratteristiche qualitative dei sedimenti, dal tipo dei materiali utilizzabili nella costruzione delle strutture di conterminazione, da esigenze operative imposte dalle caratteristiche dei mezzi impiegati e dalla necessità di limitare il costo dei lavori.

I parametri per stabilire l'idoneità dei sedimenti dal punto di vista chimico-fisico sono definiti in un Protocollo che stabilisce i "Criteri di sicurezza ambientale per gli interventi di escavazione, trasporto e reimpiego dei fanghi estratti dai canali di Venezia"[4].

Le conterminazioni per il contenimento del materiale dragato devono essere realizzate, secondo quanto richiesto dalla Soprintendenza per i Beni ambientali e architettonici di Venezia, con materiali "naturali" per la laguna come legno e sabbia[5]. L'utilizzo di questi materiali comporta, nelle aree soggette a significative sollecitazioni idrodinamiche, un'eccessiva deperibilità delle conterminazioni.

Per quanto riguarda le modalità costruttive, le caratteristiche dei mezzi usualmente impiegati per le operazioni di dragaggio e rifluimento sono tali da richiedere fondali profondi almeno 2,00/2,50 m e comportano, quando la zona di collocazione dei materiali è situata a oltre un miglio di distanza dal luogo del dragaggio, la "rottura del carico" cioè la necessità di scaricare il materiale in una fossa intermedia, dalla quale viene poi rifluito a destinazione. Per distanze inferiori, invece, è di norma possibile che la draga effettui un rifluimento diretto. Nel primo caso, l'operazione di ripresa del materiale com-

Obiettivi, vincoli, strumenti e modalità esecutive

Nelle pagine seguenti Figg. 3, 4, 5 e 6. Ricostruzione delle barene. La formazione di ogni barena artificiale inizia con il dragaggio di canali lagunari (in alto a sinistra) e prosegue poi con la delimitazione del perimetro mediante una palificata (in basso a sinistra), il rifluimento del materiale dragato all'interno della conterminazione di pali (in alto a destra), il consolidamento (in basso a destra)

[3] In passato, lo scarico a mare dei materiali ricavati da lavori di dragaggio ha contribuito per circa il 40% alla perdita dei sedimenti lagunari

[4] Il Protocollo è stato siglato nell'aprile del 1993 da Ministero dell'Ambiente, Magistrato alle Acque di Venezia, Regione del Veneto, Provincia di Venezia, Comuni di Venezia e Chioggia. Nel documento sono individuate diverse categorie di fanghi, classificate in base alla concentrazione di sostanze inquinanti in essi presenti. Per la ricostruzione di velme e barene possono essere utilizzati soltanto i materiali meno inquinati

[5] Come scritto in seguito, le conterminazioni che delimitano il perimetro di velme e barene realizzate dal Consorzio Venezia Nuova sono costituite da palificate di legno. Questa soluzione è stata messa a punto per ottenere una struttura che abbia una durata limitata al periodo di tempo necessario alla barena per consolidarsi

porta, localmente, un impatto più rilevante sull'ambiente lagunare poiché induce una maggiore torbidità nelle aree circostanti.

Rilievi e indagini

Nella fase che precede la redazione del progetto vengono effettuati specifici rilievi e indagini.

Nelle aree dove sono previsti i dragaggi, i monitoraggi sono finalizzati alla caratterizzazione dei sedimenti:

- dal punto di vista chimico-fisico;
- dal punto di vista granulometrico e geomeccanico.

Nelle aree dove è prevista la ricostruzione delle strutture morfologiche, essi sono finalizzati alla conoscenza:

- dell'evoluzione delle zone di interesse;
- delle caratteristiche batimetriche e di colonizzazione dei fondali;
- delle caratteristiche geotecniche del suolo;
- della vivacità idrodinamica soprattutto per quanto riguarda la sollecitazione per moto ondoso da natanti e da vento.

Durante la progettazione si definiscono le singole caratteristiche di ciascun elemento morfologico artificiale, con particolare riferimento a ubicazione, forma, quota, tipo di conterminazione, colonizzazione vegetale e animale.

Ubicazione di velme e barene

Nella scelta dell'ubicazione delle nuove strutture morfologiche vengono considerati, oltre alle dimensioni previste in base alle quantità disponibili di sedimenti, anche altri fattori che comportano vantaggi di ordine idrodinamico, morfologico e naturalistico.

La scelta tiene conto, inoltre, dello studio dell'evoluzione morfologica della laguna e delle variazioni nel tempo dell'estensione e della conformazione delle singole velme e barene, desunte dal confronto tra numerose carte storiche custodite presso il Servizio Informativo del Magistrato alle Acque e tra i più recenti rilievi aerofotogrammetrici.

Le aree di possibile ricostruzione di velme e barene sono state individuate nel *Progetto di massima degli interventi per il recupero morfologico della laguna* distinguendo tre fasce:

- fascia di laguna "aperta", in cui le strutture morfologiche hanno l'obiettivo di ridurre l'erosione dei bassifondi prodotta dal moto ondoso e la sedimentazione nei canali;
- fascia tra laguna "aperta" e specchi acquei interni, in cui le strutture morfologiche hanno l'obiettivo di aumentare il ricambio di marea rispettando l'elevato valore ambientale e paesaggistico delle aree in cui esse si collocano;
- fascia ai margini della laguna (aree di transizione tra terraferma e zone d'acqua salmastra), in cui le strutture morfologiche favoriscono il convogliamento delle immissioni di acque dolci provenienti dal bacino scolante in zone barenicole che possono svolgere un'importante funzione depurativa.

Forma

Per la definizione della forma delle strutture morfologiche artificiali si è cercato di riprodurre una morfologia simile a quella delle barene preesistenti, realizzando un tracciato di conterminazione che a parità di sviluppo consentisse la massima capienza.

Quota

Per le aree da ricostruire a barena, la quota a lungo termine del suolo è compresa tra 0,0 e +0,6 m sul livello del medio mare (s.m.m.); per le aree da ricostruire a velma la quota è compresa tra 0,0 e -0,4 m s.m.m. mentre per i sovralzi di fondo la quota è attorno a -0,5 m s.m.m.

Durante il rifluimento la quota di sommità della conterminazione delle barene viene mantenuta a +1,0 m s.m.m. al fine di poter operare anche durante le alte maree ordinarie senza dispersione dei sedimenti.

Tipo di conterminazione

Come si è detto, la scelta dei tipi di conterminazione è stata condizionata, per gli interventi realizzati fino a oggi, dal vincolo, posto dalla Soprintendenza per i Beni ambientali e architettonici di Venezia, di utilizzare soprattutto strutture di legno. Questo vincolo non sempre ha permesso di proteggere adeguatamente il margine delle barene artificiali.

Nei primi interventi la conterminazione è stata realizzata, secondo il metodo tradizionalmente utilizzato nelle valli di Comacchio, con una doppia fila di pali di legno a interasse di circa 0,50 m con interposte fascine di ramaglie.

Successivamente si sono utilizzate conterminazioni più solide realizzate con pali di legno accostati e dotati sul lato interno di una parete filtrante in rete idraulica o geotessuto, allo scopo di trattenere i sedimenti in sospensione permettendo il libero flusso dell'acqua nelle varie condizioni di marea.

Colonizzazione vegetale e animale

Pur non essendo un obiettivo diretto, con le strutture morfologiche artificiali ci si prefigge anche di creare le condizioni necessarie per l'insediamento delle associazioni vegetali stabili proprie di velme e barene naturali e la nidificazione e la sosta dell'avifauna pregiata. La vegetazione, in particolare, contribuisce in maniera determinante a consolidare le nuove strutture e a renderle maggiormente resistenti nei confronti dell'azione erosiva delle onde, delle correnti e della pioggia.

STATO DI CONSERVAZIONE E VALORE AMBIENTALE DELLE STRUTTURE MORFOLOGICHE ARTIFICIALI

Dieci anni di interventi

Il Consorzio Venezia Nuova tra barene, velme e sovralzi realizzati e in corso, ha ricostruito strutture morfologiche per una superficie complessiva di quasi 400 ettari, con la movimentazione di circa 4.500.000 m^3 di sedimenti provenienti dal dragaggio di 60 km di canali (Fig. 7 nelle pagine seguenti).

Fig. 7. Localizzazione di velme e barene ricostruite dal Consorzio Venezia Nuova. Fino a oggi sono stati ricostruiti o sono in corso di realizzazione quasi 400 ettari di velme e barene, pari a 2/3 della superficie di Venezia.

1. Ca' Rossa;
2. Laghi;
3. Certosa;
4. Tessera;
5. Sovralzo Tessera;
6. Campalto;
7. Sovralzo Campalto;
8. Velma B;
9. Velma C;
10. Velma A1;
11. Velma A2;
12. Bondantino;
13. Stradoni;
14. Serragia;
15. Sovralzo lago Teneri;
16. Tezze fonde;
17. 2 Colmata D/E;
18. Ravaggio 3;
19. Ravaggio 2;
20. Ravaggio 1;
21. Novisso;
22. Detregani;
23. 3 Colmata D/E;
24. 3 Colmata B;
25. Torson di sotto;
26. Raina;
27. Piovego;
28. 4 Colmata B;
29. Sovralzi punta Vecia;
30. Buello 1;
31. Buello 2;
32. Buello 3;
33. Morosina;
34. Tagiae sud;
35. Acque negre ovest;
36. Fossei ovest;
37. Vallone;
38. Fossei est;
39. Acque negre est;
40. Canal grande;
41. Nuovissimo;
42. Aleghero;
43. Romea;
44. Chioggia B3;
45. Chioggia B2;
46. Chioggia B1

Carta della laguna elaborata dal Servizio Informativo del Magistrato alle Acque di Venezia. Le fonti della carta di base utilizzate sono: la carta tecnica regionale del 1970 (scala 1:5000); la mappa dell'uso del suolo ricavata da elaborazioni di immagini da satellite; fotografie aeree eseguite nel periodo 1987-1993

Questi interventi, che presentano un particolare carattere di innovazione e di sperimentalità, hanno richiesto l'affinamento delle tecniche e dei metodi via via impiegati, attraverso un continuo monitoraggio e controllo delle opere e dei loro effetti sull'ambiente; in particolare è stata monitorata l'evoluzione ambientale delle strutture morfologiche artificiali.

A dieci anni dall'avvio degli interventi per la formazione degli ambienti di velma e di barena si può concludere che è stata messa a punto una tecnica che, oltre a soddisfare le esigenze di protezione della morfologia lagunare con la creazione di ambienti a elevato valore naturalistico, costituisce un'esperienza unica al mondo nella gestione degli ambienti costieri.

Nel seguito sono indicati i principali parametri adottati nella stima del valore delle strutture morfologiche artificiali realizzate dal 1988 a oggi.

Parametri per la stima del valore delle strutture morfologiche artificiali a barena e a velma

Per stimare il valore ambientale delle barene e delle velme artificiali si sono considerate due loro funzioni principali:

- la funzione morfologica, che consiste, in primo luogo, nella protezione dal moto ondoso di barene e velme naturali, ma anche nel mantenimento della funzionalità idraulica dei canali, contrastandone l'interrimento;
- la funzione naturalistica, che consiste nell'incremento della biodiversità dell'ambiente lagunare e nell'accrescimento del suo valore paesaggistico attraverso l'estensione della fascia intertidale, ripristinando habitat favorevoli all'insediamento delle comunità bentoniche; la ricostruzione di substrati idonei all'insediamento di associazioni vegetali stabili di barena; la creazione di zone di nidificazione e alimentazione per l'avifauna.

Alle barene e velme artificiali è stato quindi attribuito, in base alle funzioni indicate, un valore ambientale considerando, dal punto di vista morfologico, la loro capacità di conservarsi resistendo all'erosione e di limitare il moto ondoso, e, dal punto di vista naturalistico, il numero e l'abbondanza delle specie animali e vegetali presenti. Nei paragrafi successivi viene riportato un giudizio di valore riassuntivo, rispetto ai principali interventi eseguiti, mentre nella tabella delle pagine 45 e seguenti viene fornito un quadro complessivo e aggiornato su tutti i lavori svolti.

Laguna nord

Barene e sovralzi a lato dei canali di Campalto e di Tessera

Lungo i canali di Campalto e di Tessera sono stati realizzati, tra il 1993 e il 1994, due barene artificiali e due sovralzi di sabbia.

La conterminazione della barena di Campalto (Fig. 8 nella pagina seguente) si è ben conservata, quella di Tessera, invece, ha risentito del moto ondoso prodotto dall'intenso traffico acqueo ed è stato necessario intervenire successivamente su una parte della conterminazione che, dopo un rinforzo con argilla posta a ridosso della palificata, si mantiene integra.

Entrambe le barene presentano una copertura vegetale quasi completa,

con le associazioni tipiche di barena: puccinellieti, arthrocnemeti e giuncheti.

Per l'ubicazione, la copertura vegetale e la presenza di chiari, le barene rappresentano un importante ambiente per l'avifauna dove limicoli e ardeidi (avocette, chiurli, piovanelli, garzette, aironi, ecc.) sostano e si alimentano.

Rispetto ai sovralzi di sabbia, realizzati a protezione dei lati esposti ai venti di bora per limitare l'interrimento dei canali dovuto alle correnti trasversali, già dopo il primo anno essi sono stati rapidamente colonizzati da molluschi (*Tapes-semidecussatus*).

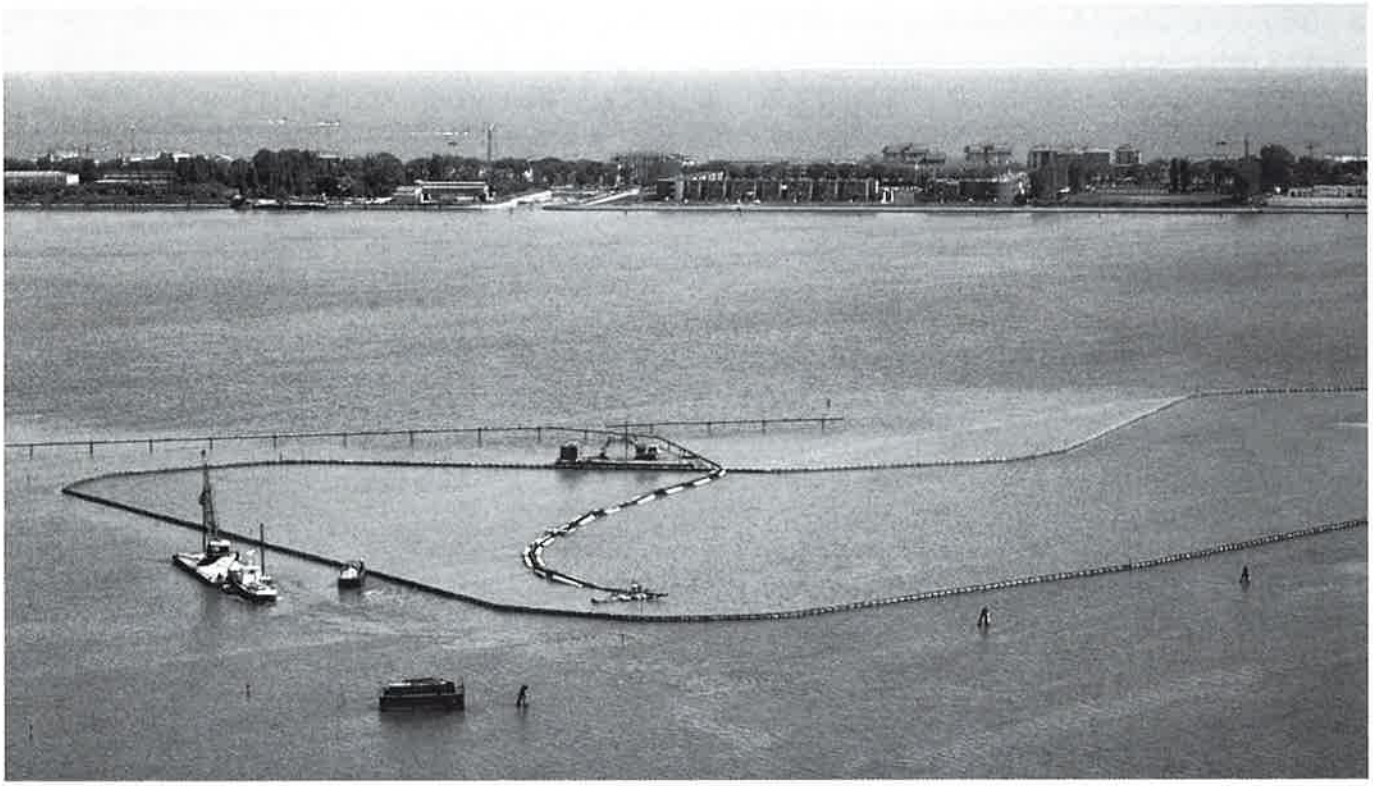
Fig. 8. Barena di Campalto. Completata nel 1993, la barena è oggi del tutto stabilizzata e completamente colonizzata dalla tipica vegetazione alofila

Laguna centrale

Velme di S. Spirito

Nell'area compresa tra l'isola di S. Spirito e il litorale di Lido sono state costruite, tra il 1988 e il 1989, quattro velme artificiali (velme A1, A2, B e C, Fig. 9 nella pagina seguente). Le velme si sono completamente naturalizzate e inserite nell'ambiente circostante, migliorando la qualità del fondale di questa zona lagunare molto degradata, situata in corrispondenza dello spartiacque tra i bacini di Lido e di Malamocco.

Le palificate di legno si sono, come previsto, progressivamente degradate e



la quota dei materiali di riporto si è assestata a -0,2 m s.m.m.; su questo substrato è stata sperimentata la possibilità di trapianti di *Zostera noltii* con ottimi risultati di attecchimento e notevole sviluppo della copertura vegetale: tutte le velme artificiali sono state colonizzate da fanerogame e da molluschi di interesse commerciale.

Barene prospicienti le Casse di colmata

Nella zona prospiciente le Casse di colmata sono state realizzate, con interventi successivi eseguiti tra il 1988 e il 1997, dieci barene artificiali e un sovralzo di fondo (Fig. 10 nella pagina precedente e 11 nelle pagine seguenti). Il materiale utilizzato per le barene proveniva dal ripristino di canali nella colmata B e nella colmata D/E.

Attualmente sono in corso di realizzazione altre sei barene (Ravaggio 2, Ravaggio 3 e Novisso nella zona a sud delle Casse di colmata e Bondantino, Stradoni e Serragia nella zona del canale Bondante) mentre sovralzi del fondale, con funzione di protezione delle barene naturali retrostanti dal moto ondoso, sono in corso di esecuzione e saranno ultimati entro l'estate 1998 (sovralzi di punta Vecia).

Le barene formate con il materiale proveniente dal ripristino di canali nella colmata B (Barena 3, Barena 4, Piovego e Raina) sono state realizzate per prime con tecniche tradizionali non ancora affinate dall'esperienza: le conterminazioni, costituite da fascine di ramaglia contenute entro una doppia fila di pali distanziati, già dopo un anno dal versamento dei sedimenti hanno presentato lunghi tratti in forte degrado. Inoltre, a causa della compattazione del materiale e del cedimento del fondale sottostante, nel corso dei due anni successivi all'ultimazione dei lavori si sono sviluppati vasti chiari interni che in seguito, per effetto del flusso di marea e del moto ondoso, hanno determinato la trasformazione di parti delle barene in velme.

Come risultato della prima sperimentazione si hanno ora strutture artificiali, per lo più a velma, stabilizzate e ben colonizzate da fitti popolamenti di fanerogame marine a *Zostera marina* e *Zostera noltii*.

Le barene artificiali realizzate, invece, con il materiale proveniente dal ripristino di canali nella colmata D/E (barene Detregani, Tezze fonde, Barena 2, Barena 3, Ravaggio 1 e Torson di sotto) risultano tutte in buono stato di conservazione. Le conterminazioni sono state realizzate con pali accostati e parete filtrante; l'impiego di questa tecnica ha consentito di ottenere barene più resistenti, permettendo anche a quelle situate nella fascia più esterna e più esposta all'azione erosiva delle onde e del vento di stabilizzarsi a una quota di circa +0,3/+0,4 m s.m.m. e favorendo un buon attecchimento della vegetazione spontanea[6].

Il processo di colonizzazione vegetale si è avviato già il primo anno dopo il rifluimento ed è ora presente una fitta vegetazione alofila in fase di sviluppo

Nella pagina precedente Fig. 9 (in alto). Velme di S. Spirito. Un'immagine dei lavori in corso (1988)

Fig. 10 (in basso). Barene artificiali prospicienti le Casse di colmata. La barena Tezze fonde a sud della colmata D/E

[6] Soltanto in alcune strutture particolarmente esposte al moto ondoso, dopo alcuni anni dalla fine dei lavori si è riscontrato il danneggiamento di parte della conterminazione, con la conseguente perdita di materiale per erosione; per queste barene sarebbero necessari interventi di ripristino del bordo suturando le rientranze con sabbia o argilla e rinforzando le conterminazioni con strutture in rete metallica o iuta riempite con ciottoli o sabbia. Protezioni di questo tipo sono state realizzate con successo in alcune lagune del delta del Po

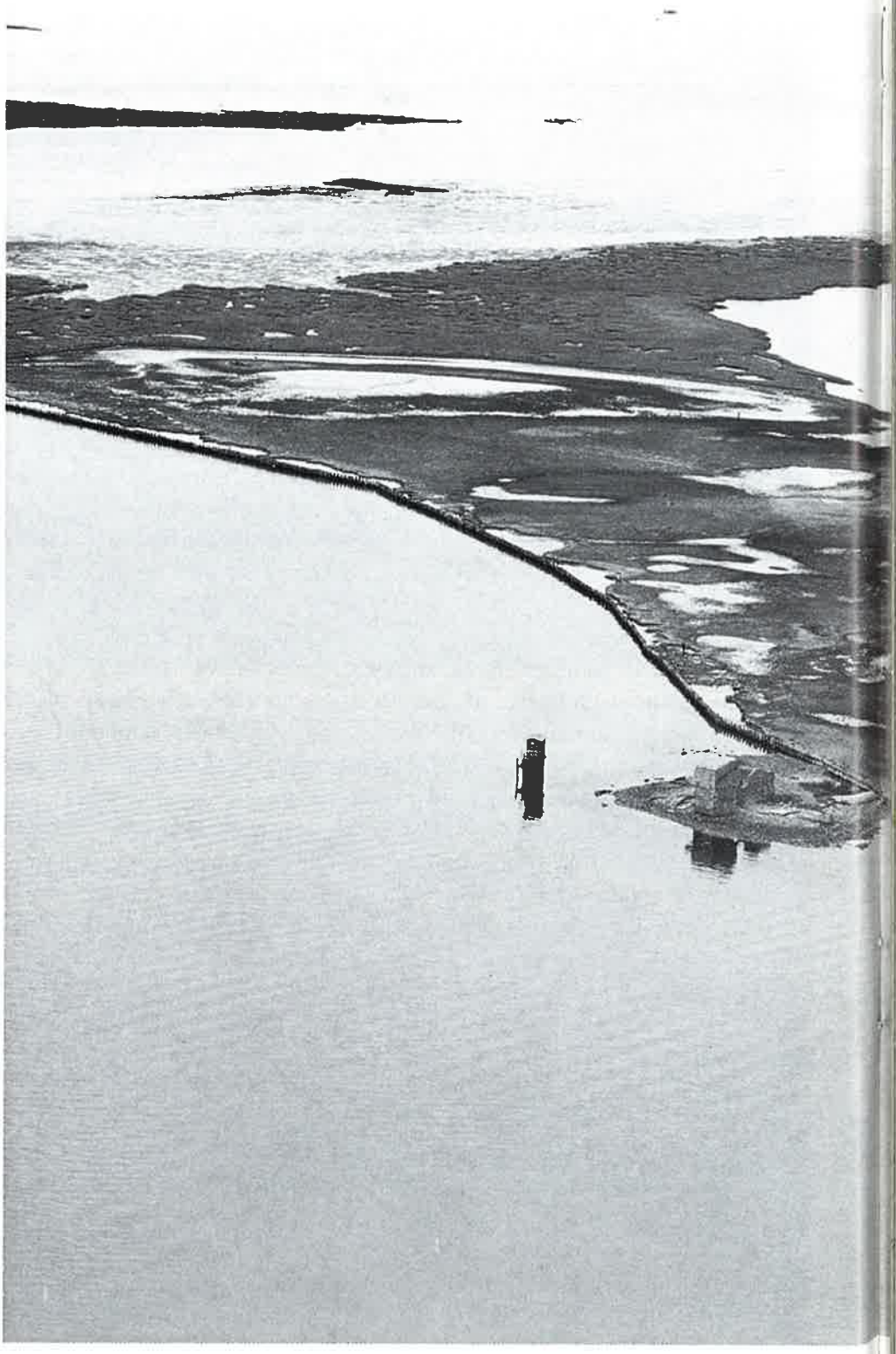


Fig. 11 (a lato). Barene artificiali prospicienti le casse di colmata. La barena Torson di sotto a sud della colmata D/E. È una delle prime barene realizzate dal Consorzio Venezia Nuova e risulta ormai parte integrante del paesaggio e dell'ambiente lagunari, tanto da confondersi con le barene naturali circostanti. Una volta naturalizzatesi, barene e velme artificiali diventano habitat adatti per l'avifauna tipica delle zone umide che comprende soprattutto limicoli, come garzette, avocette, chiurli, e ardeidi, come l'airone

Figg. 12 e 13 (in basso). Avocetta e Chiurlo. Si tratta di specie che evidenziano caratteristiche fisiche sviluppate per adattarsi, in particolare, all'ambiente di velma. Significativa e riconoscibile è soprattutto la forma del becco la cui conformazione è in funzione della profondità delle prede (vermi e crostacei) nel fondale e al movimento per catturarle frugando nel limo

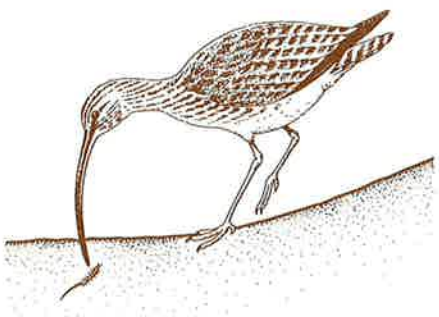
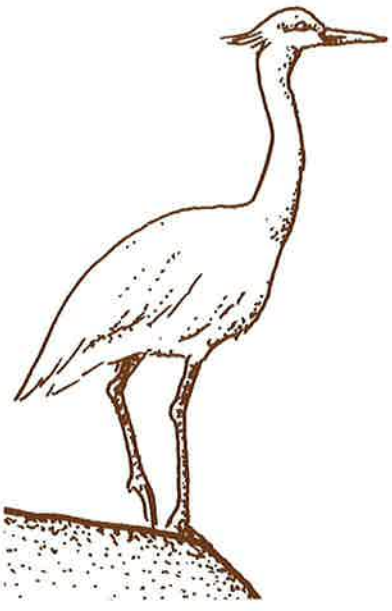


*Fig. 14. Airone. Predatore tipico delle zone umide, trova le sue prede non nel fondale bensì nell'acqua (pesci e altri vertebrati). Tra le specie più comuni in Italia vi è l'airone cinerino (*Ardea purpurea*)*



verso associazioni vegetali tipiche degli ambienti lagunari. I bordi a ridosso delle palificate di conterminazione sono ben conservati e nella barena Tezze fonde si è formata anche una vasta area di velma che la circonda per lunghi tratti, con fondali ben colonizzati da *Zostera noltii*.

Per quanto riguarda, infine, il sovralzo di fondo, esso è stato realizzato nel lago dei Teneri, a quota -0,4 m s.m.m. con sabbia proveniente dal canale Lombardo esterno (Chioggia). Il sovralzo presenta una buona ricolonizzazione dello zoobenthos caratteristico di queste aree lagunari protette, nonostante l'elevato stato di degrado del fondale circostante, determinato da un'eccessiva presenza di sostanza organica.

Laguna sud

Barene di valle Millecampi

Nella zona di valle Millecampi[7] sono state realizzate, dal 1994 al 1996, sei barene: tre sul lato esterno verso la laguna aperta e altrettante su quello interno (Figg. 15, 16 e 17 nella pagina seguente). Attualmente è in corso di realizzazione una settima barena sul lato interno (Vallone).

Le barene sul lato esterno (Canal grande, Acque negre est e Fossei est) presentano tutte una discreta colonizzazione vegetale, prevalentemente a specie annuali come *Salicornia veneta* e *Suaeda maritima* ma con buona presenza anche di specie perenni come ad esempio *Puccinellia palustris* e *Artrocnemum fruticosum*. Sulle barene colonizzate dalla vegetazione si è osservata la nidificazione di alcune coppie di cavalieri d'Italia.

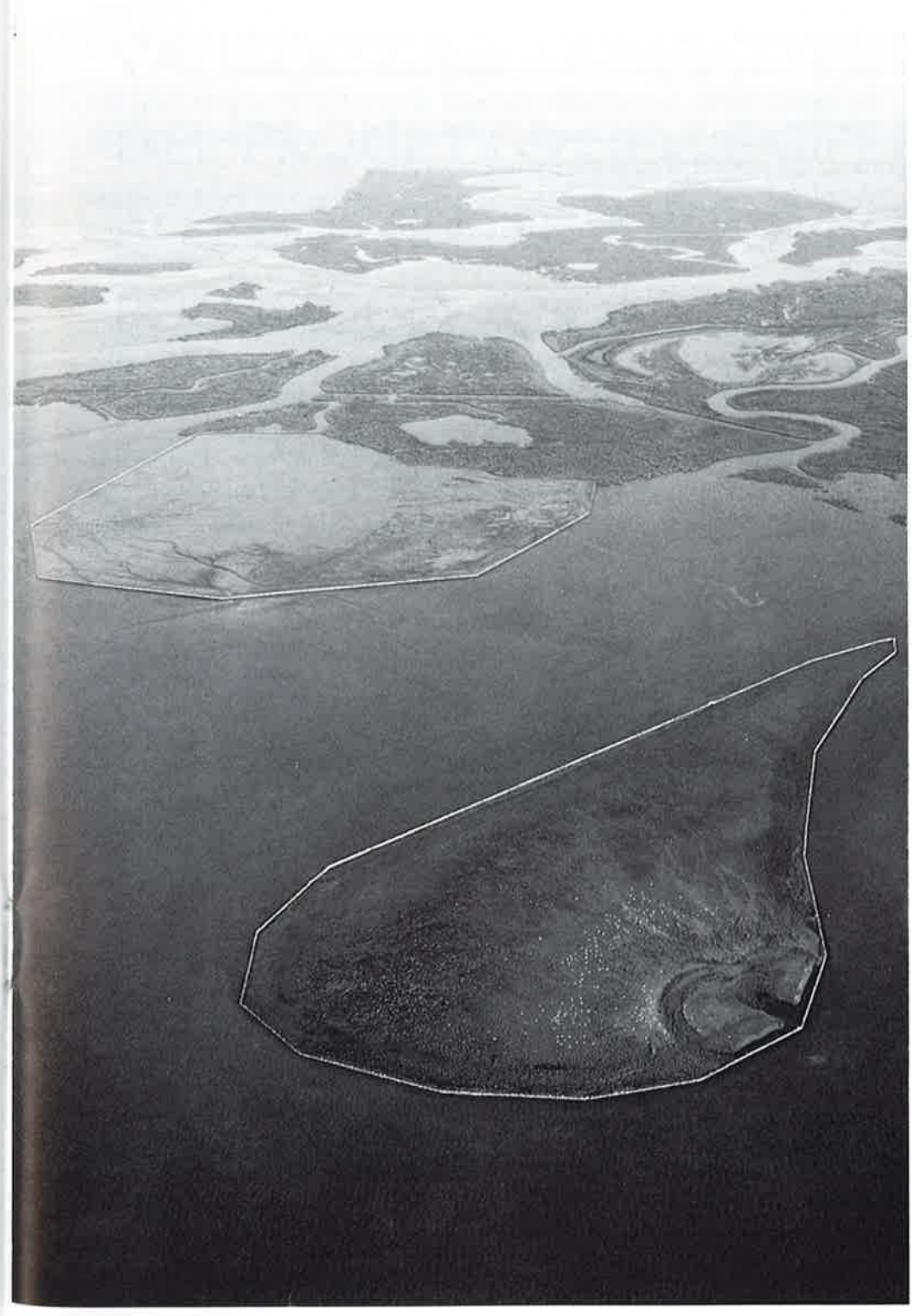
Tutte le conterminazioni si sono mantenute in buono o discreto stato con una limitata perdita di materiale solo lungo i fronti più battuti dal moto ondoso, per i quali è stato programmato un intervento di rinforzo delle palificate e di ripristino dei sedimenti.

Queste barene artificiali hanno efficacemente bloccato l'erosione frontale delle barene naturali retrostanti, erosione che prima della loro realizzazione procedeva al ritmo di 1/2 m all'anno come dimostrato dagli studi del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) sin dal 1983.

La barena Acque negre est, a causa del cedimento dei fondali torbosi sottostanti il riporto di materiale, presenta una quota ridotta che limita lo sviluppo della vegetazione alofila. Si prevede, quindi, la necessità di un riporto aggiuntivo di sedimento (a seguito del continuo cedimento, si dovrà altrimenti accettare la transizione a velma).

Anche le barene sul lato interno (Acque negre ovest, Fossei ovest e Tagiae sud) presentano problemi di quota a causa della natura dei fondali. Per questo motivo le barene Acque negre ovest e Fossei ovest sono state sottoposte, nell'agosto del 1996, a un intervento di riporto di sedimenti limoso-torbosi per realizzare una quota adeguata e stabile. Con questo intervento si è raggiunta la quota idonea alla crescita di vegetazione anche se il materiale non si è ancora compattato. Le conterminazioni si presentano in buono stato.

[7] *Valle Millecampi è stata recentemente riconosciuta come zona di elevato interesse naturalistico e la Provincia di Padova, nel cui territorio ricade buona parte dell'area, ha approntato un progetto di fattibilità per il recupero della valle dal punto di vista ambientale e socio-economico, prevedendo la realizzazione di un parco laboratorio*



Figg. 15, 16 e 17. Barene di valle Millecampi. A sinistra un'immagine aerea delle barene Fossei ovest e Acque negre ovest poco dopo la loro ricostruzione (rispettivamente, novembre 1994 e aprile 1995). In basso, particolare della conterminazione di pali e rete idraulica nella barena Fossei est e una delle piante di Spartina maritima *trapiantate sulla stessa barena per favorirne la rivegetazione*

Figg. 18 e 19.
Barene di Chioggia. Predisposizione della palificata di conterminazione e veduta delle barene lungo il canale Lombardo esterno

Barene Buello

Nella zona prospiciente alcune valli da pesca della laguna sud sono state realizzate, tra il 1996 e il 1997, tre barene artificiali (Buello 1, Buello 2, Buello 3) mentre una quarta è in fase di realizzazione (Morosina).

La barena Buello 1, posta nelle vicinanze di valle Figheri, è stata realizzata in due distinte fasi di rifluimento dei sedimenti a seguito della bassa capacità portante del fondale di natura prettamente torbosa.

Ad alcuni mesi dal termine delle lavorazioni, nelle tre barene sono già visibili segni di colonizzazione spontanea da parte di vegetazione.

Barene di Chioggia

Nell'area prospiciente l'abitato di Chioggia sono state ricostruite cinque barene (Figg. 18 e 19). Tre realizzate dal 1991 al 1992 (Chioggia B1, B2 e B3) e due tra il 1995 e il 1996 (Aleghero e Romea). Attualmente è in corso di realizzazione una sesta barena (Nuovissimo).

Le palificate di conterminazione sono tutte ben conservate senza alcuna perdita dei materiali depositati; tutte le barene artificiali risultano ben consolidate e stabili e sulla superficie è iniziato a svilupparsi un reticolo idrografico a chiari e ghebi che conferisce loro un carattere di naturalità.

L'articolo continua dopo l'inserto ▶

Per quanto riguarda la vegetazione, a pochi anni dal completamento dei lavori si osserva che i bassifondi prospicienti le barene sono stati colonizzati da fitti popolamenti di fanerogame marine (*Zostera noltii*), mentre le superfici delle barene presentano una buona copertura vegetale con specie alofite tipiche degli ambienti più stabili della laguna (*Puccinellia palustris*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Limonium serotinum*, *Halimione portulacoides*, ecc.).

Per quanto riguarda l'avifauna, queste barene sono frequentate già da alcuni anni da colonie nidificanti di cavaliere d'Italia, pettegola e fratino.

Laguna nord

N	Nome	Ultimazione rifluimento	Superficie (ha)	Tipo di conterminazione	Valore morfologico	Valore naturalistico
1	Ca' Rossa	Luglio 1997	3,3	Sacchi di sabbia + gabbioni in rete metallica zincata con geotessuto	Sufficiente	Sufficiente
2	Laghi	In corso	0,4	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-*	-
3	Certosa	In corso	1,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
4	Tessera	Gennaio 1993	9,4	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
5	Sovralzo Tessera	Gennaio 1994	1,5	Pali distanziati + rete idraulica (interasse 40 cm)	Insufficiente	Sufficiente
6	Campalto	Gennaio 1993	6,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
7	Sovralzo Campalto	Gennaio 1993	1,4	Pali distanziati + rete idraulica (interasse 40 cm)	Sufficiente	Sufficiente

*- = dato non significativo perché il refluimento è ancora in corso

Laguna centrale

N	Nome	Ultimazione rifluimento	Superficie (ha)	Tipo di conterminazione	Valore morfologico	Valore naturalistico
8	Velma B	Febbraio 1988	7,8	Pali distanziati + fascinotti +rete idraulica	Sufficiente	Sufficiente
9	Velma C	Giugno 1989	2,2	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Sufficiente	Sufficiente
10	Velma A1	Agosto 1988	7,5	Pali distanziati + fascinotti +rete idraulica	Sufficiente	Buono
11	Velma A2	Aprile 1989	4,0	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Sufficiente	Buono
12	Bondantino	In corso	6,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
13	Stradoni	In corso	5,2	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-

Tabella 1.
Caratteristiche, stato di conservazione e valore ambientale delle strutture morfologiche artificiali (i nomi elencati nella tabella si riferiscono sempre a barene salvo i casi in cui vi sia una diversa indicazione). Nella tabella sono riportati dei giudizi di valore in funzione della valenza morfologica o naturalistica delle strutture artificiali. Di seguito viene spiegato il significato dei giudizi (buono, sufficiente, insufficiente) a seconda che essi si riferiscano a barene o velme

Valore morfologico delle barene artificiali

Buono
Margine barenale generalmente integro o in limitata erosione; quota e tessitura superficiale del terreno idonea alla colonizzazione di specie alofile perenni

Sufficiente
Margine barenale con tratti in arretramento per erosione tendenti ad evolvere allo stadio di velma; quota accettabile alla colonizzazione, tessitura superficiale del terreno limitatamente idonea alla colonizzazione di specie alofile perenni

Insufficiente
Presenza di ampi tratti di bordo in arretramento per erosione; presenza di aree con quota non più sufficiente alla colonizzazione; evoluzione di gran parte della barena a velma

Valore morfologico delle velme artificiali

Buono
Velme artificiali e sovralzi di fondo con margine integro;

mantenimento della quota, tessitura superficiale del terreno idonea alla colonizzazione di popolamenti di fanerogame marine e di comunità bentoniche
Sufficiente
Velme artificiali e sovralzi di fondo con tratti di margine in arretramento per erosione; tessitura superficiale del terreno parzialmente idonea alla colonizzazione di popolamenti di fanerogame marine e di comunità bentoniche
Insufficiente
Velme artificiali e sovralzi di fondo con ampi tratti di margine in arretramento per erosione; perdita di quota per erosione o sprofondamento dei fondali sottostanti

Valore naturalistico delle barene artificiali
Buono
Presenza di numerose specie alofile perenni ben distribuite in associazioni vegetali. Presenza di nidificazioni di specie ornitiche rare e/o localizzate
Sufficiente
Presenza di alcune specie alofile perenni non identificanti associazioni vegetali tipiche. Utilizzo della barena come area di riposo e/o alimentazione di specie ornitiche più rappresentative
Insufficiente
Presenza di sola vegetazione annuale pioniera (o assenza di vegetazione). Assenza di specie ornitiche nidificanti; scarso valore dell'area come zona di riposo e/o di alimentazione per le specie ornitiche più rappresentative

Laguna centrale *segue*

N	Nome	Ultimazione rifluimento	Superficie (ha)	Tipo di conterminazione	Valore morfologico	Valore naturalistico
14	Serragia	In corso	2,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
15	Sovralzo lago Teneri	Marzo 1996	11,4	Pali distanziati + rete idraulica (interasse 40 cm)	Buono	Buono
16	Tezze fonde	Febbraio 1993	12,0	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
17	2 Colmata D/E	Marzo 1991	13,1	Pali distanziati + fascinotti +rete idraulica	Sufficiente	Buono
18	Ravaggio 3	In corso	14,4	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
19	Ravaggio 2	In corso	12,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
20	Ravaggio 1	Giugno 1997	6,9	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
21	Novisso	In corso	18,8	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
22	Detregani	Gennaio 1995	8,2	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
23	3 Colmata D/E	Febbraio 1990	25,2	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Sufficiente	Buono
24	3 Colmata B	Luglio 1989	4,8	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Insufficiente	Sufficiente
25	Torson di sotto	Luglio 1992	5,1	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Sufficiente	Sufficiente
26	Raina	Febbraio 1989	5,0	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Insufficiente	Sufficiente
27	Piovego	Maggio 1989	5,1	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Insufficiente	Sufficiente
28	4 Colmata B	Marzo 1992	7,0	Pali distanziati + fascinotti + rete idraulica	Sufficiente	Sufficiente

Laguna sud

N	Nome	Ultimazione rifluimento	Superficie (ha)	Tipo di conterminazione	Valore morfologico	Valore naturalistico
29	Sovralzi punta Vecia	In corso	35,0	Panne galleggianti provvisorie	-	-
30	Buello 1	Maggio 1997	8,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata + balle di paglia + *tout venant*	Buono	Sufficiente

Laguna sud *segue*

N	Nome	Ultimazione rifluimento	Superficie (ha)	Tipo di conterminazione	Valore morfologico	Valore naturalistico
31	Buello 2	Giugno 1997	0,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
32	Buello 3	Giugno 1997	1,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
33	Morosina	In corso	3,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
34	Tagiae sud	Novembre 1994	2,8	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Sufficiente	Insufficiente
35	Acque negre ovest	Aprile 1995	9,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
36	Fossei ovest	Novembre 1994	4,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
37	Vallone	In corso	34,0	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
38	Fossei est	Novembre 1994	8,9	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
39	Acque negre est	Settembre 1995	6,9	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Sufficiente	Insufficiente
40	Canal grande	Novembre 1994	10,3	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Sufficiente	Insufficiente
41	Nuovissimo	In corso	6,1	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	-	-
42	Aleghero	Maggio 1995	6,0	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
43	Romea	Febbraio 1996	3,8	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Sufficiente
44	Chioggia B3	Maggio 1992	7,5	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
45	Chioggia B2	Aprile 1992	11,2	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
46	Chioggia B1	Luglio 1992	29,1	Pali accostati + rete idraulica interposta fra doppia rete metallica plastificata	Buono	Buono
	Totale superficie velme e barene		**397,6**	**ettari**		

Valore naturalistico delle velme artificiali

Buono

Presenza di praterie di fanerogame marine. Buona colonizzazione dello zoobenthos

Sufficiente

Presenza di radi popolamenti di fanerogame marine. Limitata colonizzazione dello zoobenthos

N.B. Non sono stati riscontrati valori insufficienti (assenza di vegetazione e presenza, scarsa, di poche specie zoobentoniche)

MANUTENZIONE E NATURALIZZAZIONE DELLE BARENE ARTIFICIALI

Allo scopo di conseguire in modo stabile e duraturo gli obiettivi del progetto di recupero morfologico è necessario prevedere interventi che favoriscano la trasformazione delle barene artificiali in veri e propri elementi morfologici della laguna.

In particolare, a seconda dello stato di conservazione, dovranno essere eseguiti lavori di adeguamento, rinforzo e naturalizzazione, secondo quattro principali modalità di intervento:

- per le barene che presentano brevi tratti di conterminazione deteriorati si provvederà al ripristino della parete filtrante, mentre per i tratti ove la conterminazione è collassata si procederà alla sua ricostruzione realizzando una nuova palificata, parallela, all'interno della barena e rimuovendo quella preesistente (si viene in tal modo a ripristinare l'integrità della barena, lasciando che il tratto non più conterminato si evolva in velma);
- per le barene particolarmente esposte al moto ondoso, che presentano tratti in erosione e in arretramento, un possibile intervento è la ricostituzione della fascia adiacente alla conterminazione mediante la collocazione, lungo la conterminazione stessa e al suo interno, di sabbia, *tout venant* o gabbioni in rete metallica riempiti di materiale lapideo, dopo il posizionamento di geotessuto sul fondale per evitare la compenetrazione con i sedimenti del fondale stesso;
- per le barene che hanno subito, a seguito di assestamenti e compattazione del materiale, una riduzione della quota si dovrà prevedere un nuovo versamento di materiale a matrice sabbiosa su tutta la superficie, fino a raggiungere la quota di +0,5/+0,6 m s.m.m. Questo intervento dovrà essere realizzato anche per le barene in cui la colonizzazione vegetale risulta difficoltosa. In questo caso peraltro la ricarica dovrà essere molto più contenuta, fornendo solamente il substrato strettamente necessario per la crescita della vegetazione;
- nelle barene con scarsa presenza di chiari e ghebi si interverrà aprendo dei varchi nella conterminazione, creando in tal modo una "scomenzera" e affidando alle onde e alle alte maree il compito di incidere la superficie della barena e di creare chiari e ghebi.

CONCLUSIONI

Come riportato in dettaglio nella tabella 1 il valore ambientale delle strutture morfologiche artificiali realizzate da Magistrato alle Acque di Venezia - Consorzio Venezia Nuova è molto significativo.

Nella zona delle Casse di colmata, accanto alle prime barene artificiali, che

sono state così fortemente aggredite dal moto ondoso da trasformarsi in velme, ve ne sono molte altre, realizzate più di recente e con conterminazioni più resistenti che presentano una fitta vegetazione alofila in fase di sviluppo.

Nella zona di valle Millecampi le barene artificiali si presentano sufficientemente stabili e la vegetazione perenne sta progressivamente sostituendo quella annuale.

Nella zona di Chioggia, in cui i fondali e i sedimenti di riporto sono sabbiosi, si sono raggiunti ottimi risultati con una grande stabilità dei bordi, con un ottimo sviluppo della vegetazione perenne e con un aumento della presenza dell'avifauna (Fig. 20).

Le velme e i sovralzi di fondo, sostituendo i sedimenti inquinati con materiali non inquinati e più ricchi in sabbia, hanno migliorato notevolmente la qualità del fondale sia in termini di stabilità al moto ondoso sia di abitabilità da parte delle comunità bentoniche.

In alcuni casi sono previsti interventi di rinforzo delle conterminazioni e ulteriori riporti di sedimenti di natura sabbiosa: i primi interesseranno barene artificiali particolarmente esposte al moto ondoso, i cui bordi saranno protetti mediante rinforzi con sedimenti grossolani contenuti entro reti metalliche; i secondi riguarderanno barene artificiali in cui si vuole accelerare il processo di colonizzazione vegetale innalzando il suolo e cambiandone la tessitura.

Fig. 20. Un esemplare di beccaccia di mare fotografato su una barena artificiale a Chioggia